



Comparación del contenido de proteína en el procesamiento de harina de Poecilia Reticulata como aprovechamiento del subproducto de la pesca

Comparison of the protein content in the processing of Poecilia Reticulata flour as a use of the fishing by-product

Comparaçãõ do teor de proteína no processamento da farinha de Poecilia reticulata como aproveitamento do subproduto da pesca

David Joselo Segovia-Campuzano ^I
segoviacampuzanodavid@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-8629-4926>

Jorge Patricio Rentería-Minuche ^{II}
prenteria@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3992-9063>

Cesar Augusto Valarezo-Macías ^{III}
cavalarezo@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8299-6232>

Wilmer G. Galarza-Mora ^{IV}
wgalarza@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9807-825X>

Correspondencia: segoviacampuzanodavid@gmail.com

Ciencias Técnica y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 17 de mayo de 2023 * **Aceptado:** 22 de junio de 2023 * **Publicado:** 30 de julio de 2023

- I. Estudiante pregrado, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Acuícola, Acuicultura, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- II. Docente, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Acuícola, Acuicultura, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- III. Docente, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Acuícola, Acuicultura, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- IV. Docente, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Acuícola, Acuicultura, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.

Resumen

La acuicultura ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas, especialmente en la producción de especies acuáticas en cautiverio, como el cultivo de camarón blanco *Penaeus vannamei*. Esto ha permitido al país obtener una gran cantidad de divisas y generar empleo a nivel local, impulsando así un continuo crecimiento con el tiempo. Sin embargo, en este tipo de cultivo, se enfrenta el desafío de combatir diversas plagas que compiten por recursos como alimento, espacio y oxígeno en los estanques de cultivo.

Para eliminar peces como la conocida millonaria *Poecilia reticulata*, que se ha adaptado exitosamente a diferentes ecosistemas de cultivo y se reproduce de manera exponencial, se han utilizado productos plaguicidas como el barbasco y la saponina durante varias décadas. Esta especie puede almacenar esperma durante hasta 10 meses, lo que le permite colonizar nuevos ecosistemas y provocar un desequilibrio en el entorno de cultivo, incluso llegando a cruzarse con otras especies de peces y contribuyendo a la desaparición de especies nativas. Con el objetivo de darle un valor agregado a estos desechos y disminuir su impacto ambiental, el presente trabajo se enfoca en aprovechar esta materia prima para obtener harina de pescado como fuente de proteína aplicable en las dietas de ciertos organismos terrestres y acuáticos que requieren un consumo proteico en sus alimentaciones. En el experimento, se realizaron tres pruebas, cada una con una muestra de 7 kg de pescado millonaria, utilizando 21 kg de materia prima por cada muestra. Las muestras fueron cocidas durante 20 minutos en 4000 ml de agua a temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C, respectivamente. Después de alcanzar su temperatura correspondiente, cada muestra se enfrió al ambiente durante otros 20 minutos y luego se sometió a un prensado manual para separar el exceso de líquido y obtener una torta homogénea. Estas tortas fueron colocadas en moldes de aluminio y posteriormente introducidas en la estufa a 115°C durante 24 horas. Después de este período, se enfriaron a temperatura ambiente y se sometieron a molienda hasta obtener la harina de pescado. Se realizaron análisis de proteína, humedad, grasa, carbohidratos y ceniza en la harina para determinar su valor nutricional y analizar cuál de las muestras cumplía con los mejores niveles de proteína requeridos para obtener una harina de calidad conforme a los parámetros establecidos por las autoridades reguladoras del país.

Palabras clave: impacto ambiental; desechos; prensado; molienda; afrecho, análisis.

Abstract

Aquaculture has experienced significant growth in recent decades, especially in the production of captive aquatic species, such as the white shrimp *Penaeus vannamei* culture. This has allowed the country to earn a large amount of foreign exchange and generate employment locally, thus driving continued growth over time. However, in this type of culture, the challenge of combating various pests that compete for resources such as food, space and oxygen in culture ponds is faced. To eliminate fish such as the well-known millionaire *Poecilia reticulata*, which has successfully adapted to different farming ecosystems and reproduces exponentially, pesticide products such as barbasco and saponin have been used for several decades. This species can store sperm for up to 10 months, which allows it to colonize new ecosystems and cause an imbalance in the culture environment, even interbreeding with other fish species and contributing to the disappearance of native species. In order to give added value to this waste and reduce its environmental impact, this paper focuses on taking advantage of this raw material to obtain fishmeal as a source of protein applicable in the diets of certain terrestrial and aquatic organisms that require a high consumption. protein in their diets. In the experiment, three tests were carried out, each one with a sample of 7 kg of millionaire fish, using 21 kg of raw material for each sample. The samples were cooked for 20 minutes in 4000 ml of water at temperatures of 50°C, 60°C and 70°C, respectively. After reaching its corresponding temperature, each sample was cooled in the environment for another 20 minutes and then subjected to manual pressing to remove excess liquid and obtain a homogeneous cake. These cakes were placed in aluminum molds and later placed in the oven at 115°C for 24 hours. After this period, they were cooled to room temperature and ground to obtain fishmeal. Protein, moisture, fat, carbohydrate and ash analyzes were carried out in the flour to determine its nutritional value and to analyze which of the samples met the best protein levels required to obtain a quality flour according to the parameters established by the regulatory authorities. from the country.

Keywords: environmental impact; waste; pressing; grinding; bran, analysis.

Resumo

A aquicultura tem experimentado um crescimento significativo nas últimas décadas, principalmente na produção de espécies aquáticas em cativeiro, como a cultura do camarão branco *Penaeus vannamei*. Isso permitiu ao país ganhar uma grande quantidade de divisas e gerar

empregos localmente, impulsando así el crecimiento continuo a lo largo del tiempo. Entretanto, en este tipo de cultivo, enfrenta-se el desafío de combatir diversas plagas que compiten por recursos como alimento, espacio y oxígeno en los viveros de cultivo.

Para eliminar peces como el conocido millónero *Poecilia reticulata*, que se adaptó con éxito a diferentes ecosistemas agrícolas y se reproduce exponencialmente, se utilizan varias décadas de plaguicidas como el barbasco y la saponina. Esta especie puede almacenar esperma por hasta 10 meses, lo que le permite colonizar nuevos ecosistemas y causar desequilibrio en el ambiente de cultivo, llegando a cruzar con otras especies de peces y contribuir al desaparición de especies nativas. Con el objetivo de agregar valor a este residuo y reducir su impacto ambiental, este trabajo se centra en aprovechar esta materia-prima para obtener harina de pez como fuente de proteína aplicable en las dietas de ciertos organismos terrestres y acuáticos que requieren un alto consumo en sus dietas. En el experimento se realizaron tres pruebas, cada una con una muestra de 7 kg de pez millónero, utilizando 21 kg de materia-prima para cada muestra. Las muestras se cocinaron por 20 minutos en 4000 ml de agua a temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C, respectivamente. Después de alcanzar la temperatura correspondiente, cada muestra se enfrió en el ambiente por más de 20 minutos y, a continuación, se sometió a prensado manual para retirar el exceso de líquido y obtener una torta homogénea. Estas bolas se colocaron en moldes de aluminio y posteriormente se llevaron al horno a 115°C por 24 horas. Después de este período, se enfriaron a temperatura ambiente y se trituraron para la obtención de la harina de pez. del país.

Palabras-clave: impacto ambiental; desperdicio; presión; esmerillado; farelo, análisis.

Introducción

El mundo de la acuicultura se caracteriza por ser una actividad que está dirigida a producir alimentos de origen acuático, con el objetivo de cubrir la demanda de la población mundial con una fuente de proteína de calidad. (FAO, 2020). La producción de harina de pescado es la forma de aprovechamiento más utilizada para transformar más del 60% de las capturas mundiales de pequeños pelágicos y los desperdicios procedentes de la manufactura de conservas de pescado. La mayor parte de estas harinas se utilizan para la elaboración de dietas para el engorde de animales como cerdos, aves, peces, animales de compañía y visones (Cabello, et al., 2013).

La harina de pescado se elabora casi exclusivamente de los desperdicios de la elaboración de conservas de sardina (*Sardinella aurita*) y atún (*Tunnus sp*). Ocasionalmente suele aprovecharse

otros pequeños pelágicos como rabo amarillo (*Cetengraulis edentulus*) y machuelo (*Opisthonema oglinum*) según (Cabello, et all., 2013) y confirmado por (Barrera, 2021). La harina de pescado es el producto resultante del cocimiento y desecado del pescado y/o residuos de este en buenas condiciones, con la extracción o sin ella de parte de su aceite, molido y tratado con antioxidante permitido por el organismo competente (Cabello, et all., 2013).

Planteamiento del problema

Presencia de “plaga” como lo es el pez millonaria (*P. reticulata*) en los diferentes estanques cultivos de camarón blanco (*P. vannamei*) de alguna manera han afectado al ecosistema con cierto grado de contaminación al final de las pescas, ya que una parte de estos peces son expulsados sin vida a los reservorios y su descomposición es causante de contaminación de las aguas y del ecosistema en general, otra parte es desechada en las plantas de procesamiento del camarón, creando también de esta manera otro foco de contaminación, y esto lo podemos evitar aprovechando y juntando esta materia prima, ya sea desde la granja camaronera y/o empacadoras para la elaboración de harina y aceite de pescado, de esta manera daremos un valor agregado a esos desechos que pueden ser aprovechados como una fuente alternativa de proteínas para el cultivo de especies acuáticas como camarones o peces o para animales terrestres como los cerdos, pollos, etc.

Justificación

La contaminación con los desechos de las pescas está malogrando la composición química de las aguas con una sobrecarga de materia orgánica que con el pasar del tiempo se podría volver insostenible y es por esto que se debe dar un buen manejo a esos desperdicios de pescas y en el mejor de los casos reutilizarlos y que mejor opción que convertirlos en una fuente alterna de proteína de buena calidad y a bajo costo.

Objetivos

objetivo general

Elaborar de manera artesanal harina de pescado, a partir de *Poecilia reticulata* (millonaria), y determinar mediante análisis Weende su calidad para ser utilizada como insumo alimenticio en la nutrición animal.

Revisión bibliográfica

Generalidades de la millonaria *Poecilia reticulata*

La *P. reticulata*, una especie invasora en las granjas camaroneras está asociada con una diversidad reducida de especies nativas, cambio de hábitat, apareamiento, competencia, depredación y parasitismo, cambios en la estructura de las redes alimentarias comunitarias, la ocurrencia, los ciclos y, como resultado, el ecosistema. funciones comprometidas. Sin embargo, la mayoría de las especies introducidas en nuevos hábitats no pueden establecer poblaciones estables porque el éxito como intruso depende de pasar por al menos tres etapas. fertilidad) y dispersión (la capacidad de dispersarse en nuevas áreas). (Jiménez, et all., 2020).

Las percepciones negativas de estas especies causan problemas con el crecimiento de los camarones y pérdidas económicas ecológicas debido a los costos de crianza e higiene de los estanques. (Torres, 2013)

Como es el caso de algunas especies del género *Poecilia*, las características biológicas que facilitan la invasión de nuevos hábitats son la fertilidad, el cuidado parental y la formación de un gran cardumen, además, (Anaguano, 2013), menciona que las hembras de *P. reticulata* pueden almacenar esperma hasta por 10 meses, lo que permite a las hembras trasladarse a nuevos lugares, colonizar por su cuenta y encontrar poblaciones estables, como se describió anteriormente. (Jiménez, et all., 2020).

La hibridación entre especies emparentadas de *P. reticulata*, lo que a su vez podría incrementar el riesgo de extinción para las especies locales. Se ha demostrado que los poecílidos provocan la disminución de la población de varios ciprínidos endémicos de América del Norte. Los efectos negativos de algunas especies de *Poecilia* como organismos invasores van desde la competencia por el alimento hasta el acoso sexual por parte de los machos de las hembras de otra especie. (Núñez & Torres, 2021).

Distribución geográfica de la especie

Es oriunda de las Antillas Holandesas e islas de Venezuela, islas de Barlovento, Trinidad y Santo Thomas de la provincia de Yaracuy, al Occidente del país llanero, en los ríos y arroyos costeros al este de la Guayana Británica. La especie se usa ampliamente como pez de acuario, y las

poblaciones salvajes se pueden adaptar a todas las regiones geográficas del mundo, excepto los desiertos y polos. Se ha introducido en Brasil, Costa Rica, Madagascar, Italia, India, Islas Marshall, África occidental y México. En Ecuador se la encuentra en ríos del Guayas (Laaz & Torres, 2014), en el Santiago de Cayapas (Mawyin, 2017) y en los ríos Atacames, Mompiche y Súa (Jiménez, et al., 2015).

Taxonomía de la especie:

Tabla 1: Taxonomía de *Poecilia reticulata*

Taxonomía

Reino	<i>Animalia</i>
Filo	<i>Chordata</i>
Clase	<i>Actinopterygii</i>
Orden	<i>Cyprinodontiformes</i>
Familia	<i>Poeciliidae</i>
Género	<i>Poecilia</i>
Especie	<i>P. reticulata</i>

Fuente: (Alves & Lane, 2011).

Procesos en la elaboración de harina de pescado

Materia prima

La materia prima se cuece regularmente a vapor indirecto para coagular las proteínas y separarlas del agua, el aceite y otras pequeñas sustancias naturales. Luego se prensa para separar las fases sólida y líquida, y finalmente se seca el sólido, que es prácticamente una harina de pescado completamente estable y con bajo contenido de humedad que forma parte de la dieta molida. (Lúquez & Hleap, 2020)

Los líquidos aceitosos y el contenido de agua se separan en el prensado, las partículas en suspensión y el aceite de la parte acuosa se condensa y se introduce en el citado secador para lograr la harina completa o integral con todos los nutrientes hidrosolubles del pescado (Aranfbar, 2021).

Recepción

El pescado fresco o los desechos de las fábricas siempre se vierten en minas al aire libre de menor nivel, como en todos los negocios, de acuerdo con su capacidad, suelen llamarse piscinas, y consisten en depósitos de cemento fáciles de lavar, con fondos inclinados fáciles de vaciar, en cuyo fondo hay un orificio sin fin para un tornillo, por el que se trasvasará el primer material. Esto es para la siguiente etapa. (Grillo, et all., 2019).

Cocción-prensado

Mientras las anteriores operaciones son netamente mecánicas en la cocción se producen acusados cambios bioquímicos que producen olor, que se atenúa al ser maquinas cerradas, la cocción en todos los casos es continua y la operación es la siguiente: la materia prima se introduce en unas cámaras como un tornillo sin fin en su interior, que arrastre el pescado a los residuos hasta una prensa. En el trayecto, la materia prima recibe calor indirecto mediante camisa de vapor o doble cámara en la totalidad de fábricas actuales. El calentamiento directo de la materia prima al sobrepasar los 60 C, temperatura mínima, para la coagulación de proteínas, sirve para separar el agua del pescado. Sirve para obtener una masa compacta del pescado ya cocido (Bonilla & Hoyos, 2018), mientras que (Valenzuela, Sanhueza, & Barra, 2012) mencionan que la masa obtenida es pasada por una prensa para separar y escurrir el agua en aproximadamente un 80% y de paso obtener el aceite natural de pescado, esto permite tener la proteína coagulada en la torta. El agua resultante del proceso de prensado constituye el 30-40% del peso del pescado o su residuo, que contiene aceites, sólidos (suspendidos y solubles), proteína solubles y agua. Hay que tener en cuenta que esta agua se calienta al vacío, se descompone con facilidad y puede ser fuente de malos olores. Al secarse, la torta se envía al secadero con un 35-45% de agua, y después del secado no debe contener más del 12% (la humedad máxima comercial) así la harina no se fermentará en el futuro.

Para la molienda, en este proceso, la torta es premolida para obtener un producto que combine bien con los granos requeridos para la masa final de la harina. La harina seca y molida se mantiene bajo techo, ya que el aceite restante se oxida. Para reducir el riesgo de combustión espontánea en bodega, los antioxidantes mínimos legalmente añadidos, preferiblemente homologados en vigor, desaparecerán posteriormente de los alimentos.

Composición química e importancia de la harina de pescado

La calidad de la harina se determina principalmente por las proteínas, las grasas y otros factores. Por lo tanto, aproximadamente en su composición fisicoquímica se encuentra en los productos crudos de cada parte, tales como proteína, lípido, humedad, ceniza, y suponiendo que la muestra total de cada parte sea igual y al 100%, la cantidad de carbohidratos; Composición nutritiva al 100% y por tanto no imprescindible. (Cruz, et al., 2000).

Calidad fisicoquímica

Casi toda la harina de pescado producida en el mundo se utiliza como alimento para animales y su calidad está determinada principalmente por proteínas, grasas, humedad, etc. Sin embargo, debido a la demanda del mercado y al desarrollo de harinas de pescado especiales, han surgido nuevos requisitos de calidad en aspectos como la frescura de las materias primas, la digestibilidad de las proteínas, la estabilidad de los aminoácidos esenciales, la ausencia de materias primas nocivas, etc. (Cruz, et al., 2000).

La calidad de las distintas harinas de pescado varía de acuerdo con tres factores como la materia prima utilizada y su frescura, las condiciones del proceso, principalmente de secado y las condiciones de almacenamiento. Una materia prima lo más fresca posible es fundamental para lograr una harina de pescado de alta calidad, sin embargo, el tratamiento térmico aplicado como la cocción preliminar, concentración del agua de cola y secado, tiene gran influencia en la calidad final del producto. La etapa de secado es la que requiere mayores cuidados, ya que la exposición del producto a sobre secado y en ciertos casos a corrientes generosas de aire, influye directamente en la calidad y cantidad de nutrientes, así como en la ausencia de elementos indeseables. (Cruz, et al., 2000).

La calidad fisicoquímica de la harina está representada por el contenido bruto de los componentes que forman su composición proximal: humedad, proteínas, lípidos y cenizas, según mencionan (Proaño & Remache, 2020), que la composición del producto se basa en un 60% a 70% de proteína, entre 5% y 12% de grasa, y un máximo de humedad del 9% permitiendo conservarla y manipularla por largos periodos de tiempo. Se asume que la sumatoria de estos cuatro componentes brutos equivale al 100% de la muestra, debido a que el contenido de carbohidratos es despreciable para efectos de formulación de raciones. Además, la calidad fisicoquímica

incluye otros nutrientes de interés como sales minerales y vitaminas que generalmente no se determinan debido a que sus contenidos son muy estables (Cruz, et al., 2000). El siguiente cuadro muestra la composición proximal de diferentes harinas de pescado, la cual varía principalmente de acuerdo con la materia prima utilizada. Además, influyen como ya se ha visto, las condiciones en que se trabaje en las distintas etapas del proceso y la adición o no de agua de cola.

Tabla 2: composición aproximada de los distintos tipos de harina de pescados

Materia prima	Proteína	Humedad	Grasa	Ceniza	Referencia
	(%)	(%)	(%)	(%)	
Arenque	73,4	7,6	8,8	11,1	(Cruz, et al., 2000)
Sardina	60,00	9,39	10,96	14,26	(Benavides, 2019)
Merluza	58,41	8,81	10,63	22,09	(Quijije, Villareal, & Chinga, 2019)

Proteína

Las harinas de pescado se caracterizan principalmente por su alto contenido proteico, y su valor comercial está determinado esencialmente por los resultados de este análisis de componentes. Su contenido estandar es del 65%, mientras que las harinas de cereales como el trigo, cebada, avena, etc., suelen tener de un 10 al 12% de proteínas y la soja un 45%. (Cruz, et al., 2000). Según el proceso de producción, los diferentes fabricantes de piensos requieren más o menos proteínas, para el caso del ganado debe ser lo más bajo posible, preferiblemente menos del 20 % de la proteína total y para salmónidos se busca harina con un alto porcentaje de solutos del 25-33%, y para dietas de camarón se busca un contenido de solutos intermedio, en torno al 20%. (Cruz, et al., 2000).

Humedad

La humedad de las harinas de pescado suele ser del 6 al 10 % y superior al 12 %, puede provocar actividad biológica y enzimática, y el calentamiento puede provocar el deterioro del producto. Sin embargo, la pérdida de la fracción proteica y lipídica es inferior al 6% del contenido de humedad. Por lo tanto, es necesario controlar este parámetro adecuadamente después de cada paso de

secado, y un contenido final del 10 % corresponde a una actividad de agua adecuada para obtener reacciones mínimas. (Cruz, et al., 2000).

Lípidos

Los lípidos en la alimentación animal son importantes desde el punto de vista energético, pero el alto precio de las harinas de pescado no permite su uso como fuente de energía, sino como proteína (Cruz, et al., 2000). Se considera grasa el material obtenido a partir de un polvo con un disolvente natural (normalmente hexano). La cantidad de lípidos en la harina suele estar indicada en el contrato y normalmente no debe exceder el 7-10%, porque se seca fácilmente y estropea todo el alimento. Además, el alto contenido en lípidos entre 12-18%, confiere un olor desagradable a la carne de los animales que la utilizan como alimento. Por ello, por motivos de seguridad y para evitar problemas de oxidación, el contenido mínimo de antioxidantes de la harina en el momento de la entrega suele fijarse en 100 ppm. (Cruz, et al., 2000). Asimismo, el contenido de antioxidantes de la dieta debe ser lo más bajo posible para evitar posibles problemas relacionados con la nutrición animal, especialmente en los piensos de acuicultura, que suelen contener demasiado (Cruz, et al., 2000). La composición lipídica del aceite de pescado es rica en ácidos grasos poliinsaturados omega 3, especialmente DHA (ácido docosahexaenoico) y EPA (ácido eicosapentaenoico).

Carbohidratos

Los carbohidratos (almidón y azúcar) son la fuente de energía más barata para producir un alimento balanceado para camarones y peces. Estas sustancias no son necesarias para una buena nutrición, pero se utilizan mucho como adhesivo para unir todos los componentes de la dieta, por lo que se utilizan con menor frecuencia, esto ayuda a reducir los costos en la producción. Para alimentos comerciales para peces, este tipo de almidón se usa comúnmente para producir alimentos flotantes por extrusión. (Fox & Lawrence, 2008).

Cenizas

La ceniza forma el componente inorgánico del polvo de harina, que proporciona arena y sales minerales. La arena se obtiene de los intestinos y movimientos de pesca en aguas cercanas a la costa, y las sales minerales corresponden principalmente a la parte ósea de la materia prima, y su

contenido en la harina varía según el porcentaje de músculo esquelético en el cuerpo en la materia prima. Los pescados blandos y flacos producen un alto porcentaje de cenizas, lo que explica el bajo contenido proteico de la harina obtenida de estas especies. La harina de pescado blanco, como la merluza, suelen contener un 20 % de ceniza, mientras que las harinas de pescado azul, como las anchoas y los arenques, suelen contener un 15 % y un 10 %, respectivamente (Silva, 2003).

Se conoce como determinación de cenizas al análisis de los residuos inorgánicos que quedan tras la combustión u oxidación completa de la materia orgánica del alimento. El conocimiento básico de las características de varios métodos de análisis de cenizas volantes, así como del equipo para realizarlo, es esencial para garantizar resultados confiables. Hay tres tipos de análisis de cenizas: cenizas secas para la mayoría de las muestras de alimentos; Ceniza húmeda, por oxidación de muestras ricas en grasas como método de preparación de muestras para análisis elemental y análisis simple de cenizas de plasma seco a baja temperatura para preparar muestras durante el transporte para análisis de elementos volátiles. (Bowman & Russell, 2003).

La tecnología que se utilizará en este experimento será la ceniza seca, que consiste en quemar la muestra en el aire y luego incubarla en un horno para eliminar cualquier materia orgánica. La ceniza residual es un residuo inorgánico y la medición en la ceniza total es útil para el análisis de alimentos, ya que se pueden identificar los diversos minerales en la muestra. Algunos de los errores y dificultades asociados a la determinación de ceniza seca son: la pérdida de ceniza debido a la intensidad de la combustión de la llama cuando la muestra se quema al aire y el cambio gradual de sales minerales al calentarse, como la transformación de carbonatos a óxidos (Bowman & Russell, 2003). Junto con el agua, los minerales son los únicos componentes de los alimentos que el cuerpo no puede oxidar para producir energía; Por otro lado, la materia orgánica contiene nutrientes (proteínas, carbohidratos, lípidos) que pueden quemarse (oxidarse) en el cuerpo para obtener energía y se considera la diferencia de materia seca entre los alimentos y las cenizas. (Bowman & Russell, 2003).

Materiales y métodos

Materiales y equipos

Materiales

- *Poecilia reticulata* (millonaria) 21 kg (Unidad experimental)
- Balanza
- Balanza gramera
- Molino
- Estufa
- Cocina industrial
- Probeta graduada 1000 ml
- Termómetro
- Ollas
- Moldes de aluminio
- Cilindro de gas
- Tela tipo tul 1m
- Agua 12000 ml
- Atarraya
- Gavetas
- Fundas herméticas
- Hielo

Metodología

Para la presente investigación se siguió el método experimental donde se llevó a cabo la siguiente metodología:

Ubicación de área experimental

El ensayo se realizó en la propiedad del Sra. Rosa Campuzano ubicada en la ciudad de Santa Rosa en la provincia de El Oro las coordenadas 3°26'57"S 79°57'30"W.

Área de acopio de la *Poecilia reticulata*

Se obtuvieron 63 kg de millonaria *Poecilia reticulata* de la camaronera “ServioSA” ubicada en el Km 15 vía Balosa del cantón de Machala de la provincia de El Oro en las siguientes coordenadas 3°21'05”S 79°57'48”W, los ejemplares fueron capturados mediante la ayuda de una atarraya lanzada en el reservorio de la camaronera antes mencionada. La materia prima fue transportada en un recipiente refrigerado para conservar sus propiedades.



Figura 1: Ubicación del lugar donde se recolecto la materia prima

Tratamiento a la materia prima

Una vez obtenida la materia prima se procedió a limpiar (palos, hojas de mangle, otras especies de peces y crustáceos, etc.), luego se procedió a enjuagar para limpiar el lodo o barro presente, seguidamente se escurrió para quitar el exceso de líquido para luego pesar en la balanza 7 kg en cada una de las 3 réplicas (21 kg) para cada uno de los procesos en las diferentes temperaturas que se utilizó en la cocción (50, 60, 70°C) luego fueron puestos en una olla de aluminio de capacidad para 50 litros donde se procedió a la cocción.

Cocción

Colocados los pescados en la olla, se procedió a medir con una probeta la cantidad de 4000 ml de agua para fijar la proteína mediante la cocción, se tomaron distintas temperaturas a las que fueron expuestas 3 muestras diferentes, la primera cocción fue a 50°C una vez alcanzada la temperatura

por 20 minutos, la segunda muestra fue a una temperatura de 60°C por el mismo lapso de tiempo y en la tercera muestra el tiempo de cocción fue el mismo que las anteriores, pero a una temperatura de 70°C.

Prensado

En este proceso se utilizó un metro de tela tipo “tull” en la cual fue puesta cada una de las muestras para realizar el prensado manualmente, la separación de líquido y aceite dio aproximadamente 15 ml en cada una de las muestras. Luego de este proceso de prensado se obtuvo una torta de la materia prima (aproximadamente 3300g en primera muestra) en la segunda se obtuvo cerca de 3200g y en la tercera se obtuvo alrededor de 3600g para cada una de las réplicas respectivas. las mismas que fueron puestas en moldes de aluminio con la cantidad de 1100g que se obtuvo en el proceso de cocción a 50°C. En el segundo proceso se obtuvo 3200g de torta, las mismas que fueron puestas en los recipientes la cantidad de 1060g que se obtuvo a 60°C, en el tercer proceso a 70°C se obtuvo a 3600g de torta que fueron distribuidas en los moldes de aluminio en cantidades de 1200g.

Secado

En el secado se utilizaron las estufas de la marca memmert modelo Mchutart Din 40050 IP20, en las cuales se introdujeron las diferentes muestras de las tortas obtenidas y estas fueron expuestas a una temperatura de 110°C por 24 horas, cumplido el tiempo establecido se obtuvo una masa tipo galleta que fue enfriada a temperatura ambiente aproximadamente 28°C y una vez enfriada se procedió a guardar para el siguiente proceso de molienda.

Molienda

Las diferentes muestras fueron molidas por separado con un molino marca Corona en el cual se realizó dos moliendas para obtener harina en polvo con un tamaño de partícula de 600µm, ya que en la primera molida se obtuvo una cantidad considerable de afrecho y fue necesario un segundo proceso para la obtención final de la harina con un tamaño final de 400µm, pasado por un tamiz número 50, de esta manera se cumple con los requisitos requeridos para la elaboración de harinas para pastas alimenticias, así lo resaltan (Sarria, Hurtado, & Camacho, 2019) en su investigación de granulometría.

Etiquetado e identificación de muestras

En el etiquetado se utilizó fundas con cierre hermético tipo ziploc, las que fueron identificadas mediante código M-1 para la muestra obtenida a 50°C, M-2 obtenida a 60°C y M-3 a la muestra de 70°C.

Análisis Weende a muestras de harina de *Poecilia reticulata*

Las muestras fueron enviadas al laboratorio de análisis de alimentos, aguas y ambiente PROTAL acreditado por la SAE de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), para el respectivo análisis de los parámetros nutricionales de proteína, humedad, grasa, carbohidrato y ceniza se utilizó 200g por cada muestra de la harina requeridos por la institución.

Proteína

El análisis de proteína fue determinado por el método (ME29-PG20-PO02-7.2 FQ) recomendado por la AOAC 21st 984.13, el cual permitió tener los resultados de proteína de las diferentes muestras y según (INEN, 2016) señala que la harina debe cumplir los requisitos del porcentaje de proteína >55% para ser considerada como alimento de buena calidad.

Humedad

Para determinar la humedad se usó el método (ME27-PG20-PO02-7.2 FQ) recomendado por las ISO 6496:1999 el cual permitió tener los resultados de humedad de las diferentes muestras. (Protal, 2022).

Grasa

Se determinó el contenido de grasa siguiendo el método (ME30-PG20-PO02-7.2 FQ) recomendado por la AOAC 21st 920.39 el cual permitió tener los resultados de grasa de las diferentes muestras, donde el (INEN, 2016) señala que el porcentaje de grasa no debe ser mayor al 12% para conservar la calidad de la harina.

Carbohidratos

Para obtener el porcentaje de carbohidrato se utilizó el cálculo matemático y estadístico como referencia. (Protal, 2022).

Cenizas

Para determinar la cantidad de ceniza se usó el método (ME21-PG20-PO02-7.2 FQ) recomendado por las ISO 5984:2002 el cual permitió tener los resultados de ceniza de las diferentes muestras, según el (INEN, 2016) menciona que el porcentaje de ceniza en la harina no debe ser mayor al 24% para ser considerada de alta calidad.

Diseño experimental

El presente estudio realizado es de tipo experimental, cuya investigación se llevó a cabo durante 35 días, el cual se dividió en 3 etapas, la primera fue el acopio y selección de la materia prima, en la segunda fase se realizó el procesamiento de la harina y en la final se realizaron los análisis Weende de la harina.

Procesamiento estadístico

El análisis estadístico de los datos fue realizado, utilizando la prueba paramétrica ANOVA de un factor para muestras independientes, el cual fue implementado en el software estadístico SPSS Statistics versión 25 de prueba para Windows, con un nivel de confiabilidad del 95 % de estimación. Para aplicar la prueba ANOVA es necesario que se cumplan los supuestos, de normalidad e igualdad de varianzas. Las observaciones en cada una de las muestras se distribuyeron de forma normal, lo cual se puede apreciar en la tabla 3, (revisar en anexos), utilizando un nivel $\alpha = 0.05$, a través de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk (Romero, 2016). El supuesto de homogeneidad de varianza para las muestras fue contrastado con un nivel $\alpha = 0.05$, utilizando la prueba de Levene, los resultados se pueden observar en la tabla 4 (revisar en anexos) (Bisquerra, 1957). Una vez verificados los supuestos de la prueba ANOVA, se programa la matriz de datos en el SPSS Statistics versión 25 de prueba, los resultados fueron estadísticamente significativos con un nivel de confianza del 95%, los resultados se pueden apreciar en la tabla 5 (revisar en anexos). Al ser los resultados estadísticamente significativos, es

necesario establecer a qué temperaturas las muestras en proteína son diferentes, para lograrlo se utilizó las pruebas post-hoc de Tukey y Bonferroni, los resultados son apreciables en la tabla 6 de múltiples comparaciones.

Resultados y discusiones

Proteína (%)

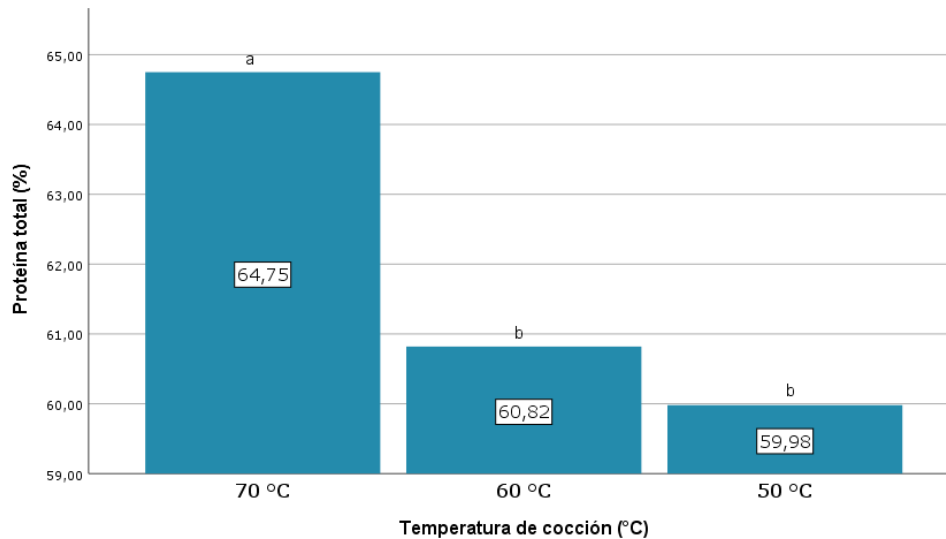


Figura 2: Efecto de la temperatura de cocción en la proteína total (%) de la harina de millonaria.

Según (INEN, 2016), menciona que la harina de pescado debe tener más del 55% de proteína para ser considerada de buena calidad, por lo tanto, los resultados obtenidos en la presente investigación cumplen con los requisitos de proteína necesarios para ser aplicados en la alimentación de especies acuáticas. Por otro lado (Bonilla & Hoyos, 2018) hacen referencia en su trabajo que las proteínas comienzan a coagular a una temperatura mínima de 60°C y se conservan mejor entre 70 a 90°C, de esta manera se cumple con el trabajo realizado, siendo la muestra de mayor temperatura la que mejor conservación de proteínas se obtuvo.

Humedad

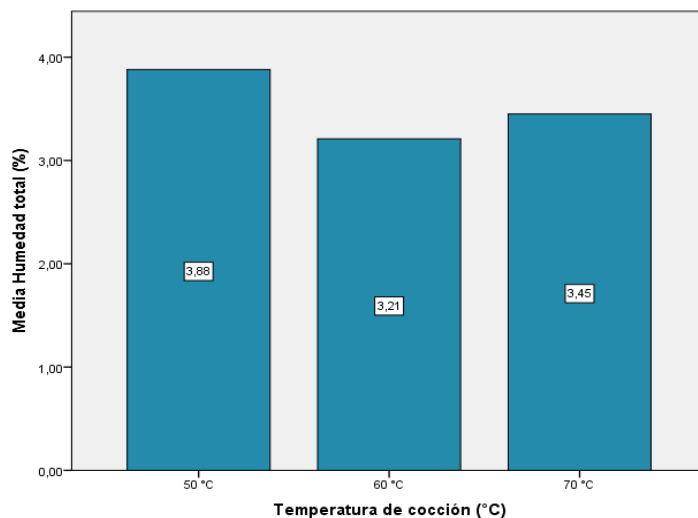


Figura 3: Efecto de la temperatura de cocción en la humedad total (%) de la harina de millonaria

En la investigación realizada por (Zumbado, 2004) sostiene que para el secado es recomendable mantener temperaturas superiores a los 100°C para la obtención de buenos resultados por el método indirecto de volatilización, mismo que se usa para separar el agua de los alimentos. Los presentes resultados fueron obtenidos a una temperatura de 110°C por el lapso de 24 horas.

Grasa

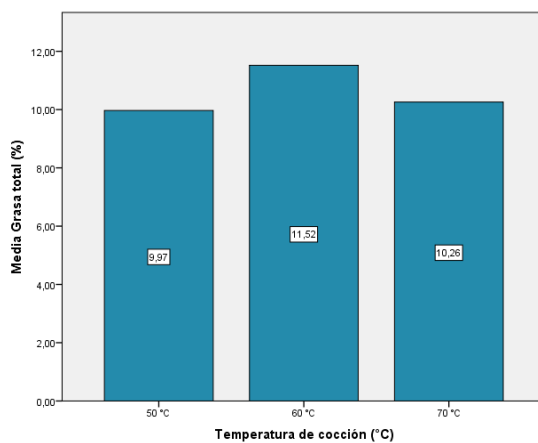


Figura 4: Efecto de la temperatura de cocción en la grasa total (%) de la harina de millonaria.

Para mantener una buena calidad de la harina el (INEN, 2016) menciona que, no se debe tener más del 12% de grasa y según los datos obtenidos en la presente investigación todas las muestras cumplen con lo establecido.

Carbohidratos

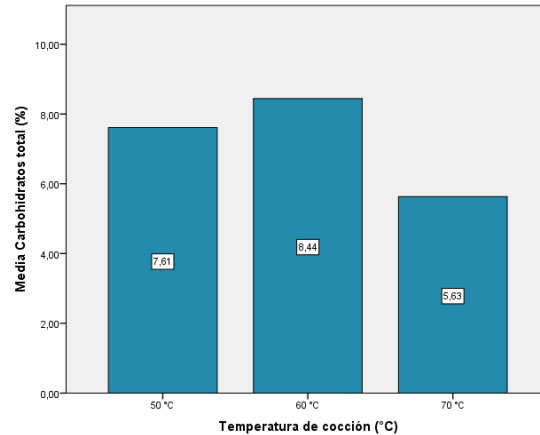


Figura 5: Efecto de la temperatura de cocción en el (%) total de carbohidrato de la harina de millonaria.

Mediante el cálculo matemático y estadístico se llegó a los resultados del contenido de carbohidratos en porcentaje (Protal, 2022). Por lo general el contenido de carbohidratos es utilizado como insumo adherente, principalmente en el paletizado de la porción alimenticia.

Ceniza

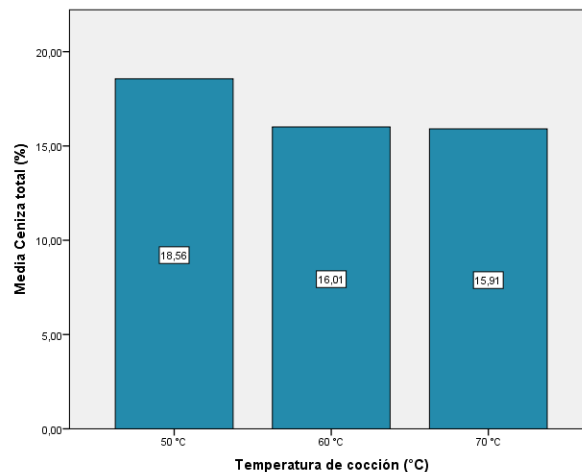


Figura 6: Efecto de la temperatura de cocción en el (%) total de ceniza de la harina de millonaria.

Los datos recolectados en la muestra total de cenizas no superan el 19%, mientras que el (INEN, 2016), señala que la harina no debe ser mayor al 24% para ser considerado un alimento de alta calidad. Se utilizó la técnica de cenizas en seco, esto consiste en incinerar la muestra al aire libre y luego en la mufla donde se eliminó el material orgánico.

Resultados del análisis estadístico

El test ANOVA para la comparación de los promedios de proteína a 50, 60 y 70°C fue estadísticamente significativa con un valor de prueba para la prueba F de 0.077, con p-valor de 0.022 inferior al nivel alfa asumido del 5%. Podemos concluir que existen diferencias estadísticamente significativas en las muestras de proteína en 50 y 70 °C, mediante los test de comparaciones múltiples utilizadas, para el caso de Tukey las diferencias se establecieron con un p-valor igual a 0.024, inferior al nivel alfa asumido del 5%, este resultado fue posible corroborarlo, mediante el test de Bonferroni, con un p-valor de 0.031.

Conclusiones

- Si se puede obtener harina de pescado a partir del aprovechamiento de la millonaria, pero con el inconveniente de que es una especie estacionaria ya que entre los meses de marzo hasta julio existe una presencia más pronunciada, decayendo en los siguientes meses.
- La harina de pescado obtenida a partir de *Poecilia reticulata*, presenta rangos requeridos para ser considerado un sub-alimento de buena calidad, teniendo así que: todos los parámetros analizados cumplen con los estándares establecidos por el INEN.

Vale la pena aprovechar a la *Poecilia* como materia prima para la elaboración de harina, ya que se obtiene una buena cantidad de proteína requerida y que puede ser asimilable en los diferentes organismos de origen animal que requieren consumir proteína en su dieta.

Recomendaciones

- Es recomendable que en el proceso de elaboración de la harina se mantengan temperaturas $\geq 60^{\circ}\text{C}$, ya que a esta temperatura se inicia la coagulación de proteínas para su mejor aprovechamiento.

- Se recomienda completar la investigación con el análisis del perfil de aminoácidos presentes en la harina.

Referencias

1. Alves, H., & Lane, A. (2011). Metacestoides de *Glossocercus auritus* (Cyclophyllidea, Gryporhynchidae) em *Poecilia reticulata* (Pisces, Poeciliidae) no Brasil. *Rev. Bras. Parasitol*, 2(20), 10. doi:<https://doi.org/10.1590/S1984-29612011000200012>
2. Anaguano, F. (2013). *Peces de la Laguna Cormorán, Parque Nacional Sangay, Ecuador*. tesis doctoral, Universidad Central del Ecuador, Escuela de Ciencias Biológicas y Ambientales, Quito.
3. Aranibar, M. J. (2021). Manual de capacitación: Alimentos Balanceados para Truchas. *Research Gate*, 1(1), 53. doi:<https://www.researchgate.net/publication/356732229>
4. Barrera, A. G. (2021). Propuesta de utilización de harina de cabeza de pescado para fortificar alimentos de consumo popular altos en carbohidratos. *ITCA-FEPADE*, 2(1), 39-67. Obtenido de <https://www.itca.edu.sv/wp-content/uploads/2021/11/02.pdf>
5. Benavides, A. (2019). *HARINA DE PESCADO DEL PERU*. Lima: San Jorge. Obtenido de http://www.perubroker.com.pe/broker_productos/371/
6. Bisquerra, R. (1957). La prueba de Levene para la homogeneidad de varianzas en el BMDP. *Revista de investigación educativa Sgerencias Metodológicas*, 5(9), 79-85. Obtenido de https://redined.mecd.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/186760/Prueba_Levene_Homogeneidad_Varianzas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
7. Bonilla, J., & Hoyos, J. (2018). Methods of extraction, refining and concentration of fish oil as a source of omega-3 fatty acids. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(3), 621-644. doi: https://doi.org/10.21930/rcta.vol19_num2_art:684
8. Bowman, B., & Russell, R. (2003). Conocimientos actuales sobre nutrición. *International Life Sciences Institute*(592), 7-10. Obtenido de

<https://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/3150/Conocimientos%20actuales%20sobre%20nutricion%20octava%20edicion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

9. Cabello, A., García, A., Figuera, B., Higuera, Y., & Vallenilla, O. (2013). CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DE LA HARINA DE PESCADO VENEZOLANA. *SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, 25(4), 414-422. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4277/427739464009.pdf>
10. Cruz, L., Ricque, D., Nieto, M., & Tapía, M. (2000). *Revisión Sobre Calidad de Harinas y Aceites de Pescado para la Nutrición de Camarón*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. Nuevo León: San Nicolás. Obtenido de https://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/IV/archivos/20cru2.pdf
11. Díaz, A. (1996). En Manual preparado especialmente para Esmital Ltda. En A. Díaz, *Elaboración de harina de pescado de alta calidad* (pág. 126).
12. FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura (SOFIA). (FAO, Ed.) *FAO*, 243. doi:<https://doi.org/10.4060/ca9229es>
13. Fox, J., & Lawrence, A. (2008). Manual de metodologías de digestibilidad in vivo e vitro para ingredientes y dietas para camarón. *CYTED*, 246. Obtenido de https://nutricionacuicola.uanl.mx/public/site/images/admin/manual_metodologias.pdf
14. Grillo, J., Gozzer, R., Sueiro, J. C., & Rivero, J. C. (2019). Producción ilegal de harina de pescado en Perú a partir de anchoveta extraída por la flota artesanal y de menor escala. *ResearchGate*, 27. doi:10.13140/RG.2.2.18562.53448/1
15. INEN. (2016). *NTE INEN 465, Harina de pescado. Determinación de la proteína bruta*. Quito: NTE INEN 470. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_470-1.pdf
16. INEN. (2016). *NTE INEN 466, Harina de pescado. Determinación de la materia grasa*. Servicio Ecuatoriana de Normalización, Quito. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_470-1.pdf

17. INEN. (2016). *NTE INEN 467, Harina de pescado. Determinación de las cenizas*. Servicio Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana, Quito. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_470-1.pdf
18. Jiménez, P., Aguirre, W., Laaz, E., Navarrete, R., Nugra, F., Rebolledo, E., . . . Valdiviezo, J. (2015). Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador. *researchgate*, 416. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/278027849_Guia_de_peces_para_aguas_continentalentes_en_la_vertiente_occidental_del_Ecuador
19. Jiménez, P., Vásquez, F., Rodríguez, D., & Taphorn, D. (2020). Efectos de la especie invasora *Poecilia gillii* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) sobre *Pseudopoecilia fria* en ríos costeros de la región del Chocó, Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 68(1), 1-7. doi:<http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i1.36000>
20. Laaz, E., & Torres, A. (2014). Lista de Peces continentales de la Cuenca del Río Guayas. *Revista UG*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/305502536>
21. Lúquez, L. d., & Hleap, J. I. (2020). Feasibility of the use of fish waste flour in the Ciénaga de Zapatos, for feeding of broilers. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(2), 23-34. doi:<https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1202>
22. Mawyin, A. (2017). *Diversidad y abundancia ictiofaunística en el río Culebra (Guayas – Ecuador)*. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales. Guayaquil: Edition. John Wiley y Sons. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29734>
23. Núñez, H., & Torres, A. (2021). Diversity, abundance and distribution of fishes in Bulubulu river. *Rev. Cient. Cien. Nat. Ambien.*, 1(15), 211-227. doi:10.3923/jfas.2013.617.626
24. Proaño, A., & Remache, E. (2020). *Análisis de la exportación de harina de pescado desde Ecuador hacia Colombia, Japón y China periodo 2013-2018*. Sangolquí: GuillerSanta. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/23848/1/T-ESPE-044339.pdf>
25. Protal. (2022). *Laboratorio de Análisis de Alimentos*. Guayaquil. Obtenido de <http://www.laboratorioprotal.espol.edu.ec/acreditacion.html>

26. Quijije, R., Villareal, D., & Chinga, B. (2019). BROMATOLOGICAL EVALUATION OF THE FISHMEAL PROCESSED IN THE TADEL S.A. FACTORY. *Revista de Ciencias del Mar y Acuicultura "YAKU"*, 2(3), 1-10. Obtenido de <file:///C:/Users/davis/Downloads/74-Texto%20del%20art%C3%ADculo-364-1-10-20201006.pdf>
27. Romero, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista Enfermería del Trabajo*, 6(3), 114. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5633043>
28. Sarria, S., Hurtado, D., & Camacho, J. (2019). Granulometry, Functional Properties and Color Properties of Quinoa and Peach Palm Fruit Flour. *Información tecnológica*, 30(5), 1-8. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003>
29. Silva, D. (2003). *Elaboración de harina de pescado*. Buenos Aires. Obtenido de <http://hdl.handle.net/1834/4068>
30. Torres, G. (2013). Invasive marine species evaluated within the Gulf of Guayaquil. Case study. Shrimp field, 2011. *Revistas UG*, 2(116), 51-62. doi:<https://doi.org/10.53591/rug.v11i2.680>
31. Valenzuela, A., Sanhueza, J., & Barra, F. d. (2012). Aceite de pescado: Ayer un residuo industrial, hoy un producto de alto valor nutricional. *revista chilena de nutricion*, 39(2), 201-209. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182012000200009>
32. Zumbado, H. (2004). Análisis químico de los alimentos: métodos clásicos. *Researchgate*, 433P. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/348560034_Analisis_Quimico_de_los_Alimentos_Metodos_Clasicos/link/6004b45692851c13fe1bd399/download